

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003年12月11日 (11.12.2003)

PCT

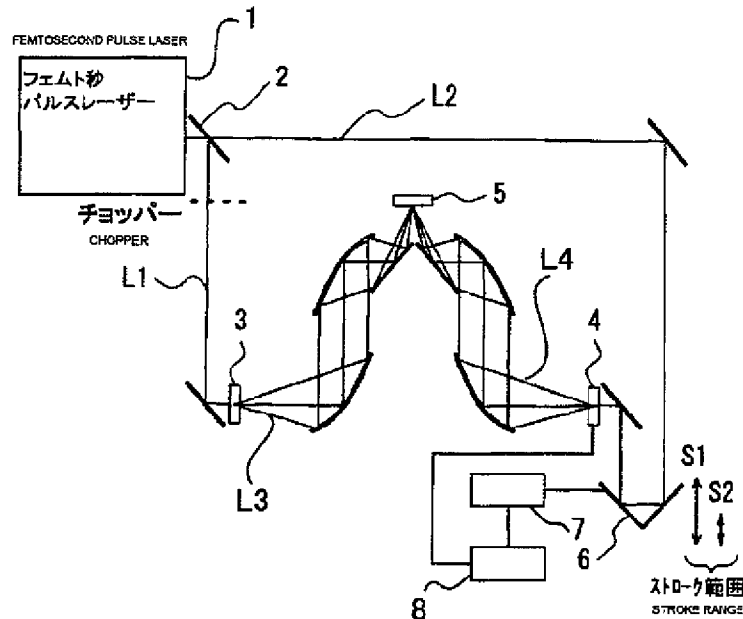
(10) 国際公開番号  
WO 03/102557 A1

- (51) 国際特許分類: G01N 21/35 100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP). 株式会社栃木ニコン (TOCHIGI NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒324-8625 栃木県大田原市実取770番地 Tochigi (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/06887
- (22) 国際出願日: 2003年5月30日 (30.05.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2002-161085 2002年6月3日 (03.06.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 深澤 亮一 (FUKA-SAWA, Ryoichi) [JP/JP]; 〒324-8625 栃木県大田原市実取770番地 株式会社栃木ニコン内 Tochigi (JP). 岩本 敏志 (IWAMOTO, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒324-8625 栃木県大田原市実取770番地 株式会社栃木ニコン内 Tochigi (JP).
- (74) 代理人: 永井 冬紀 (NAGAI, Fuyuki); 〒100-0013 東京都千代田区霞が関三丁目2番4号 霞山ビル Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF MEASURING ELECTRIC CHARACTERISTICS OF FLAT SUBSTRATE USING TERAHERTZ LIGHT

(54) 発明の名称: テラヘルツ光を用いた平面基板の電気特性測定方法



(57) Abstract: A terahertz light L3 is repeatedly applied to a semiconductor substrate (5) to receive a reflection light L4 from the substrate (5). The reflection light L4 includes a multiple-reflection light occurred in the substrate (5). When the reflection light L4 is received, a delay time length required to lead a probe pulse light L2 to a terahertz light detector (4) is set so as not to detect at the terahertz light detector (4) the reflection light L4 reaching via surfaces other than the illuminated surface of the semiconductor substrate (5). A time region spectrometry method is used to measure the time-series waveform of the field intensity of the detected reflection light L4, and the electric characteristic parameters of the substrate (5) are calculated from a spectral reflectance determined based on the time-series waveform.

[続葉有]



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: テラヘルツパルス光 L 3 を繰り返し半導体基板 5 に照射し、半導体基板 5 からの反射光 L 4 を受光する。反射光 L 4 は、半導体基板 5 の内部で多重反射した光も含んでいる。反射光 L 4 を受光する際に、半導体基板 5 の被照射面以外の面を経由して到来する反射光 L 4 をテラヘルツ光検出器 4 で検出しないように、プローブパルス光 L 2 をテラヘルツ光検出器 4 へ導く遅延時間の長さを設定する。時間領域分光法を用いて、検出された反射光 L 4 の電場強度の時系列波形を測定し、時系列波形に基づいて求められた分光反射率から半導体基板 5 の電気的特性パラメータを算出する。

## 明 細 書

### テラヘルツ光を用いた平面基板の電気特性測定方法

本出願は、次の出願を基礎とし、その内容は引用文としてここに組み込まれる。

日本国特許出願 2002 年第 161085 号（2002 年 6 月 3 日出願）

#### 技術分野

本発明は、テラヘルツ時間領域分光法を用いた平面基板の電気特性測定方法に関する。

#### 背景技術

半導体デバイス産業において、半導体材料の電気特性に関わる物性値、例えば、キャリア濃度、移動度、抵抗率、電気伝導度は、半導体デバイスの性能を左右する重要な因子である。半導体基板上に成膜したエピタキシャル膜のキャリア濃度や移動度などの物性値も、デバイス特性を決める重要な因子である。光学的な厚みのある半導体基板の場合には、遠赤外領域における分光特性の解析から電気的特性パラメータを評価する手法が知られており、この手法は、半導体基板に対し非破壊かつ非接触で実施する手法である。更に、特開 2000-282497 号公報に開示されているものは、テラヘルツ時間領域分光法を用いて時系列波形を測定し、これをフーリエ変換して半導体材料の分光反射率又は分光透過率を得て、この値に基づいて電気的特性パラメータを算出している。

#### 発明の開示

半導体基板に対し非破壊かつ非接触で電気的特性パラメータを評価するときに、半導体基板内部での多重反射が生じると、干渉フリンジとなって反射率スペクトル上に現れる。この場合、反射率スペクトルが複雑になり、分光特性の解析を困難にする。また、半導体基板上に形成されたエピタキシャル膜の分光反射率特性を測定する場合も同様に、基板裏面の反射が重畳するために、正しい分光反射率特性が得られない。さらに、半導体基板内部の多重反射に起因する干渉フリンジ

は、反射率スペクトルの形状を歪ませるためにスペクトル形状から物性値を評価することを極めて難しくする。

従来は、最も強く干渉フリンジを引き起こす基板裏面からの反射の影響を取り除くために、基板の厚さ方向の断面形状を楔型にしたり、あるいは、基板の裏面を粗い面にして乱反射するようにして、戻り光を排除するための加工をしていた。しかし、半導体製造工程において、測定すべき半導体試料を加工することは、それが製品として使用できなくなるし、加工に手間がかかるために、望ましくない。従って、半導体デバイス製造工程において、これらの電気的特性パラメータを測定する際に、半導体試料を加工することなしに測定する簡便な測定法の開発が望まれている。

本発明は、半導体基板内部の多重反射に起因する干渉フリンジの影響を全く受けることなく、簡便に半導体試料の電気的特性パラメータを測定する方法を提供するものである。

本発明の第1の態様によるテラヘルツ光を用いた平面基板の電気特性測定方法は、テラヘルツパルス光を繰り返し平面基板に照射し、平面基板からの反射光又は透過光を受光する際に、平面基板の被照射面以外の面を経由して到来する光を検出しないように、平面基板からのテラヘルツパルス光を検出する時間領域を設定し、時間領域分光法を用いて、検出された光の電場強度の時系列波形を測定し、時系列波形に基づいて求められた分光反射率又は分光透過率から平面基板の電気的特性パラメータを算出するものである。

本発明の第2の態様によるテラヘルツ光を用いた平面基板の電気特性測定方法は、テラヘルツパルス光を繰り返し平面基板に照射し、平面基板からの反射光又は透過光を受光し、時間領域分光法を用いて、受光された光の電場強度の時系列波形を測定し、時系列波形上の所定の時間範囲のみをフーリエ変換して分光反射率又は分光透過率を求め、分光反射率又は分光透過率から平面基板の電気的特性パラメータを算出するものである。

本発明の第3の態様によるテラヘルツ光を用いた平面基板の電気特性測定装置は、光パルスを放射するレーザー光源と、テラヘルツパルス光を繰り返し平面基

板に照射するテラヘルツ光源と、平面基板からの反射光又は透過光を受光するテラヘルツ光検出器と、光パルスを分岐して、一方を前記テラヘルツ光源へ導き、他方を前記テラヘルツ光検出器へ導く光学系と、テラヘルツ光検出器が平面基板の被照射面以外の面を経由して到来する光を検出しないように、平面基板からのテラヘルツパルス光を検出する時間領域を制限する制御部とを備えるものである。

本発明の第4の態様によるテラヘルツ光を用いた平面基板の電気特性測定装置は、光パルスを放射するレーザー光源と、テラヘルツパルス光を繰り返し平面基板に照射するテラヘルツ光源と、平面基板からの反射光又は透過光を受光するテラヘルツ光検出器と、光パルス进行分岐して、一方を前記テラヘルツ光源へ導き、他方を前記テラヘルツ光検出器へ導く光学系と、テラヘルツ光検出器が受光した平面基板からのテラヘルツパルス光の時系列波形を測定し、時系列波形上の所定の時間範囲のみをフーリエ変換する演算部とを備えるものである。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施形態に係る電気特性測定方法に用いられる電気特性測定装置の概略構成図である。

図2は、時系列波形である。

図3は、半導体基板内部での光の多重反射の様子を示す模式図である。

図4は、図2の時系列波形から得られた反射率スペクトルである。

図5は、本発明の実施形態に係る時系列波形である。

図6は、図5の時系列波形から得られた反射率スペクトルである。

図7は、本発明の実施形態に係る、干渉フリンジの影響を除いた反射率スペクトルの測定値である。

図8は、干渉フリンジの影響を除いた反射率スペクトルの計算値である。

図9は、本発明の実施形態に係る電気特性測定方法により得られたキャリア濃度と、成膜条件から得られたキャリア濃度の関係を示すグラフである。

図10は、本発明の実施形態に係る電気特性測定方法により得られたキャリア濃度と移動度の関係と、電気測定から得られたキャリア濃度と移動度の関係との

対比を示すグラフである。

図 11 は、本発明の実施形態に係る電気特性測定方法の手順を示すフローチャートである。

#### 発明を実施するための最良の形態

はじめに、テラヘルツパルス光の計測技術として現在確立されているテラヘルツ時間領域分光法について述べる。テラヘルツ時間領域分光は、テラヘルツパルス光の電場強度の時系列波形  $E(t)$  を計測し、時系列波形をフーリエ変換することにより反射率スペクトル又は透過率スペクトルを得る分光法である。分光反射率又は分光透過率に基づいて平面基板の電気特性、すなわちキャリア濃度、移動度、抵抗率、電気伝導度などの物性値が得られる。

図 1 は、本発明のテラヘルツ光を用いた電気特性測定装置の概略構成図であり、時間領域分光を説明するための図でもある。

フェムト秒パルスレーザー 1 から放射された光パルスは、ビームスプリッター 2 を経てポンプパルス  $L_1$  とプローブパルス  $L_2$  に分けられる。ポンプパルス  $L_1$  は、テラヘルツ光源 3 へと導かれ、テラヘルツ光源 3 を照射してテラヘルツパルス光  $L_3$  を発生させる。一方、プローブパルス  $L_2$  は、半導体試料（半導体基板）5 を経由してきたテラヘルツパルス光を受光（検出）するためにテラヘルツ光検出器 4 へと導かれる。プローブパルス  $L_2$  を導く光路上には可動鏡 6 が設けられ、可動鏡 6 を矢印で示される方向に移動させることにより、プローブパルス  $L_2$  がテラヘルツ光検出器 4 へ到達する時間を変化させることができる。可動鏡 6 とこれを矢印方向に変位させるための駆動機構 7 を併せて時間遅延装置と呼んでいる。

フェムト秒パルスレーザー 1 から放射される光パルスのパルス幅は約 100fsec ( $1 \times 10^{-13}$  秒) で、繰り返し周期は数十 MHz である。従って、放射されるテラヘルツパルス光  $L_3$  も数十 MHz の繰り返しで放射される。現在のテラヘルツ光検出器では、テラヘルツパルス光の波形を瞬時に、その形状のまま計測することはできない。

そこで、本計測法では、同じ波形のテラヘルツパルス光 $L_4$ が数十MHzの繰り返しでテラヘルツ光検出器4へ到来することを利用して、ポンプパルス $L_1$ とプローブパルス $L_2$ の間に時間遅延を設けて、テラヘルツパルス光の波形を計測するポンプ・プローブ法をとる。すなわち、テラヘルツ光源3を作動させるポンプパルス $L_1$ に対して、テラヘルツ光検出器4を作動させるプローブパルス $L_2$ のタイミングを $\Delta t$ 秒だけ遅らせることにより、 $\Delta t$ 秒だけ遅れた時間でのテラヘルツパルス光 $L_4$ の電場強度が測定できる。言い換えれば、プローブパルス $L_2$ はテラヘルツ光検出器4に対してゲートをかけていることになる。また、可動鏡6を徐々に移動させることは、時間 $\Delta t$ を徐々に変えていることにほかならない。

本計測法は、時間遅延装置によってゲートをかけるタイミングをずらしながら繰り返し到来するテラヘルツパルス光 $L_4$ を検出し、これらのテラヘルツパルス光 $L_4$ を継ぎ合わせて一つの波形を再現するものである。このようにしてテラヘルツ光の電場の時系列波形 $E(t)$ を測定することができる。

テラヘルツ光検出器4は、プローブパルス $L_2$ の入射に応じてキャリアを生ずる。プローブパルス $L_2$ が入射すると同時にテラヘルツパルス光 $L_4$ が入射して電場が発生していれば、その電場に比例した光伝導電流が流れる。このとき測定される電流 $J(t)$ は、テラヘルツパルス光の電場強度 $E(t)$ と光励起キャリアの光伝導度 $g(\tau - t)$ のコンボリューションの形で式(1)のように表せる。

$$J(t) \propto \int E(\tau) g(\tau - t) d\tau \cdots (1)$$

光伝導度 $g(\tau - t)$ がデルタ関数に近いものならば、測定される電流値は、到来するテラヘルツパルス光の電場の振幅 $|E(t)|$ に比例したものになる。

図2は、このようにして得られたテラヘルツパルス光の電場 $E(t)$ の時系列波形である。この時系列波形は、図1の電気特性測定装置でテラヘルツ時間領域分光方法を用いて半導体試料5を実測した結果であり、縦軸が電場強度、横軸が時間である。この測定においては、時系列波形のデータのサンプリング間隔 $\Delta t$ は0.06667psで1024点測定している。

図3は、半導体基板5の内部での多重反射の様子を示した模式図である。半導

体基板 5 にはエピタキシャル膜 8 が形成されており、エピタキシャル膜 8 側から入射した入射光の一部が基板表面（つまり、エピタキシャル膜 8）で反射し、一部が基板内部を透過する。基板内部を透過した光の一部が基板裏面で反射し、それが再度基板内部を透過して基板表面から射出する光と再度基板内部に戻ってゆく光になる。このような繰り返し反射が多重反射と呼ばれるものである。

再び、図 2 を参照すると、時系列波形には幾つかのピークが現れている。一番目のピーク P 1 はテラヘルツパルス光が半導体基板 5 の表面で反射されたことに起因し、二番目のピーク P 2 はテラヘルツパルス光が基板 5 の裏面で反射されたことに起因している。同様に、ピーク P 3 は基板 5 の裏面で 2 回反射、ピーク P 4 は基板 5 の裏面で 3 回反射されたことに起因している。図 3 中の多重反射の番号は、図 2 の時系列波形のピークの番号にそれぞれ対応している。

従来の分光法では、多重反射によって反射してくる反射光のすべてを同時に観測しているが、テラヘルツ時間領域分光法では、反射光が光検出器に到来する時間を時系列波形として時間分解して観測している点が原理的に異なる。従って、基板内部における反射回数が多いほど反射に起因したピークが時間的に遅れて現れてくる。

テラヘルツ時間領域分光法を用いて反射率スペクトルを得る際には、時系列波形をフーリエ変換する。基板内部で起こる光の多重反射に起因したピークは、反射率スペクトル全体の形状を複雑にする。

図 4 は、図 2 の時系列波形をフーリエ変換することによって得られた反射率スペクトルのグラフであり、縦軸が反射率、横軸が周波数である。一見して分かることは、反射率の大小の繰り返し、すなわち激しい干渉フリンジが観測されていることである。このような干渉フリンジは、反射率スペクトル全体の形状に影響を及ぼすため、スペクトルの解析を複雑にして基板上に形成されたエピタキシャル膜などの薄膜に関する正確な物性値を求めることは極めて困難となる。

本実施の形態では、時系列波形を測定する際に、基板裏面からの反射光（図 3 参照）が戻ってくる手前の時間で測定を止めることにより、上記問題を解決している。すなわち、図 1 に示すように、制御／演算部 8 によって駆動機構 7 を制御



し、可動鏡 6 を矢印方向に変位させるストローク範囲を S 1 で示される長い設定から S 2 で示される短い設定にする。これによって、基板裏面からの反射光が戻ってくる手前の時間で測定を止める。このようにすれば、基板内部での多重反射による干渉フリンジの影響を受けることなく反射率スペクトルを測定し、その解析から基板上の膜の正確な物性値を得ることができる。

本発明は、テラヘルツ時間領域分光法の特徴を利用した測定手法であり、従来の分光法においてこのような測定はできなかった。この測定手法は、基板上の膜の光学定数を測定するときにも、干渉フリンジの影響を取り除けるので極めて有効である。

図 5 は、このようにして得られたテラヘルツパルス光の電場  $E(t)$  の時系列波形である。サンプルである半導体試料は、図 2 の時系列波形を得たときのもと同じものである。しかし、この測定においては、時系列波形のデータのサンプリング間隔  $\Delta t$  は 0.06667ps で 256 点測定しており、図 2 における 1024 点測定と比較すると  $1/4$  の測定時間になっている。図 5 の時系列波形上に現れるピークは、半導体基板 5 の表面で反射された P 1 のみであり、ピーク P 2 以下は除去されている。このように、時系列波形の所定範囲の時間を選択することによって、基板内部での多重反射による干渉フリンジの影響を受けることなく反射率スペクトルを測定し、その解析から基板上の膜の正確な物性値を得ることができる。

図 6 は、図 5 の時系列波形をフーリエ変換することにより得られた反射率スペクトルであり、図 4 に対応するグラフである。図 6 の反射率スペクトルを図 4 のそれと比較すると、明らかに基板内部の多重反射に起因した干渉フリンジの影響が取り除かれているのが分かる。

本発明の測定方法の長所は、(1)干渉フリンジに影響されないスペクトルが得られる、(2)データ点数が少なくなるので測定時間の短縮化ができる、という点にある。

また、多重反射を含む図 2 の時系列波形において、第 1 のピーク P 1 が存在する時間範囲を選択してフーリエ変換しても、上記(1)と同様、干渉フリンジに影響されないスペクトルが得られる。フーリエ変換や波形の解析等も図 1 に示す制御

／演算部 8 で行われる。

次に、図 11 を参照しながら、本発明の測定方法の手順のポイントを説明する。本発明の第 1 の態様では、ステップ 5 において、可動鏡 6 のストローク量が S 2 となる時まで検出データを取得し、ステップ 6 において時系列波形を測定する。一方、本発明の第 2 の態様では、ステップ 5 において、可動鏡 6 のストローク量が S 1 となる時まで検出データを取得し、ステップ 9 において時系列波形を測定する。ステップ 10 において、時系列波形上でフーリエ変換すべき時間範囲を設定し、ステップ 7 において、この時間範囲のみフーリエ変換する。

続いて、本発明の測定方法を用いて、半導体基板上に成膜したエピタキシャル膜の物性値の定量測定について具体的に説明する。ここでは、エピタキシャル膜の重要な電気特性パラメータであるキャリア濃度と移動度を算出した。測定に用いた 4 種類のキャリア濃度を有する n 型 GaAs 膜は、半絶縁性の GaAs 基板上 (厚さ 625  $\mu\text{m}$ ) に分子線エピタキシー結晶成長法によって成膜したものである。膜の厚みは 2  $\mu\text{m}$  である。成膜条件から決められた n 型 GaAs 層のキャリア濃度の保証値は、それぞれ  $3 \times 10^{15}$ 、 $1 \times 10^{16}$ 、 $4 \times 10^{16}$ 、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  である。

図 7 は、多重反射による干渉フリンジの影響を含まない反射率スペクトルであり、本発明のテラヘルツ時間領域分光測定により得られたものである。

図 8 は、基板裏面からの反射を考慮しない理論によって計算された反射率スペクトルである。図 7 と図 8 の反射率スペクトルをみると、測定値と理論値は大変良く一致しているのが分かる。

図 9 は、観測された反射率スペクトルの形状を最もよく再現するキャリア濃度について、本発明のテラヘルツ時間領域測定方法の信頼性を例示するグラフである。図 9 は、本発明の分光測定により得られた反射率スペクトルから非線型最適化法により求めたキャリア濃度と、エピタキシャル成膜条件から決められたキャリア濃度との関係をプロットした結果を示している。両者は、比例直線に大体載っており、良く一致していることが分かる。

図 10 は、本発明のテラヘルツ時間領域分光測定により得られた反射率スペク

トルから求められたキャリア濃度と移動度を、電気測定から決められたキャリア濃度と移動度の関係を示すグラフ上にプロットした結果である。テラヘルツ時間領域分光測定から得られたキャリア濃度と移動度の関係を示す点（図中、三角マークで表記）は、電気測定から決められたキャリア濃度と移動度の関係を示す点（図中、四角マークで表記）を結んだ曲線に近接している。従って、テラヘルツ時間領域分光測定から得られた値は、電気測定から得られた値とほぼ一致していることが分かる。

本実施の形態による物性値の測定法は、半導体基板上のp型GaAs、n型AlGaAs、p型AlGaAs等のIII-V族化合物半導体、II-VI族化合物半導体およびIV-VI族化合物半導体の薄膜についても適用できる。

また、本実施形態では、半導体基板上の半導体薄膜の電気特性パラメータを測定する方法を述べたが、半導体基板に形成されたイオン注入層の反射率スペクトル測定についても本発明は応用可能である。更に、半導体薄膜以外でも誘電体や超伝導体などの薄膜の反射率スペクトル測定についても本発明は応用可能である。

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではない。本発明の技術思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

## 請求の範囲

1. テラヘルツ光を用いた平面基板の電気特性測定方法は、

テラヘルツパルス光を繰り返し平面基板に照射し、

前記平面基板からの反射光又は透過光を受光する際に、前記平面基板の被照射面以外の面を経由して到来する光を検出しないように、前記平面基板からのテラヘルツパルス光を検出する時間領域を設定し、

時間領域分光法を用いて、前記検出された光の電場強度の時系列波形を測定し、

前記時系列波形に基づいて求められた分光反射率又は分光透過率から前記平面基板の電気的特性パラメータを算出する。

2. クレーム1の電気特性測定方法において、

前記時間領域は、前記平面基板からのテラヘルツパルス光を検出するために必要な光パルスをテラヘルツ光検出器に導く光路長範囲により設定される。

3. テラヘルツ光を用いた平面基板の電気特性測定方法は、

テラヘルツパルス光を繰り返し平面基板に照射し、

前記平面基板からの反射光又は透過光を受光し、

時間領域分光法を用いて、前記受光された光の電場強度の時系列波形を測定し、

前記時系列波形上の所定の時間範囲のみをフーリエ変換して分光反射率又は分光透過率を求め、

前記分光反射率又は分光透過率から前記平面基板の電気的特性パラメータを算出する。

4. クレーム3の電気特性測定方法において、

前記所定の時間範囲は、前記平面基板からのテラヘルツパルス光を検出するために必要な光パルスをテラヘルツ光検出器に導く光路長範囲に対応するように設定される。

5. クレーム1～4の電気特性測定方法において、

測定対象は、前記平面基板に代えて平面基板上の薄膜である。

6. クレーム5の電気特性測定方法において、

前記薄膜は、半導体、誘電体または超伝導体である。

7. テラヘルツ光を用いた平面基板の電気特性測定装置は、

光パルスを放射するレーザー光源と、

テラヘルツパルス光を繰り返し平面基板に照射するテラヘルツ光源と、

前記平面基板からの反射光又は透過光を受光するテラヘルツ光検出器と、

前記光パルスを分岐して、一方を前記テラヘルツ光源へ導き、他方を前記テラヘルツ光検出器へ導く光学系と、

前記テラヘルツ光検出器が前記平面基板の被照射面以外の面を經由して到来する光を検出しないように、前記平面基板からのテラヘルツパルス光を検出する時間領域を制限する制御部とを備える。

8. クレーム7の電気特性測定装置において、

前記光学系は、前記テラヘルツ光源へ導かれる光パルスと前記テラヘルツ光検出器へ導かれる光パルスとの間に前記時間領域に相当する距離だけ光路長差を与えるための可動鏡を有する。

9. テラヘルツ光を用いた平面基板の電気特性測定装置は、

光パルスを放射するレーザー光源と、

テラヘルツパルス光を繰り返し平面基板に照射するテラヘルツ光源と、

前記平面基板からの反射光又は透過光を受光するテラヘルツ光検出器と、

前記光パルスを分岐して、一方を前記テラヘルツ光源へ導き、他方を前記テラヘルツ光検出器へ導く光学系と、

前記テラヘルツ光検出器が受光した前記平面基板からのテラヘルツパルス光の時系列波形を測定し、前記時系列波形上の所定の時間範囲のみをフーリエ変換する演算部とを備える。

10. クレーム7～9の電気特性測定装置において、

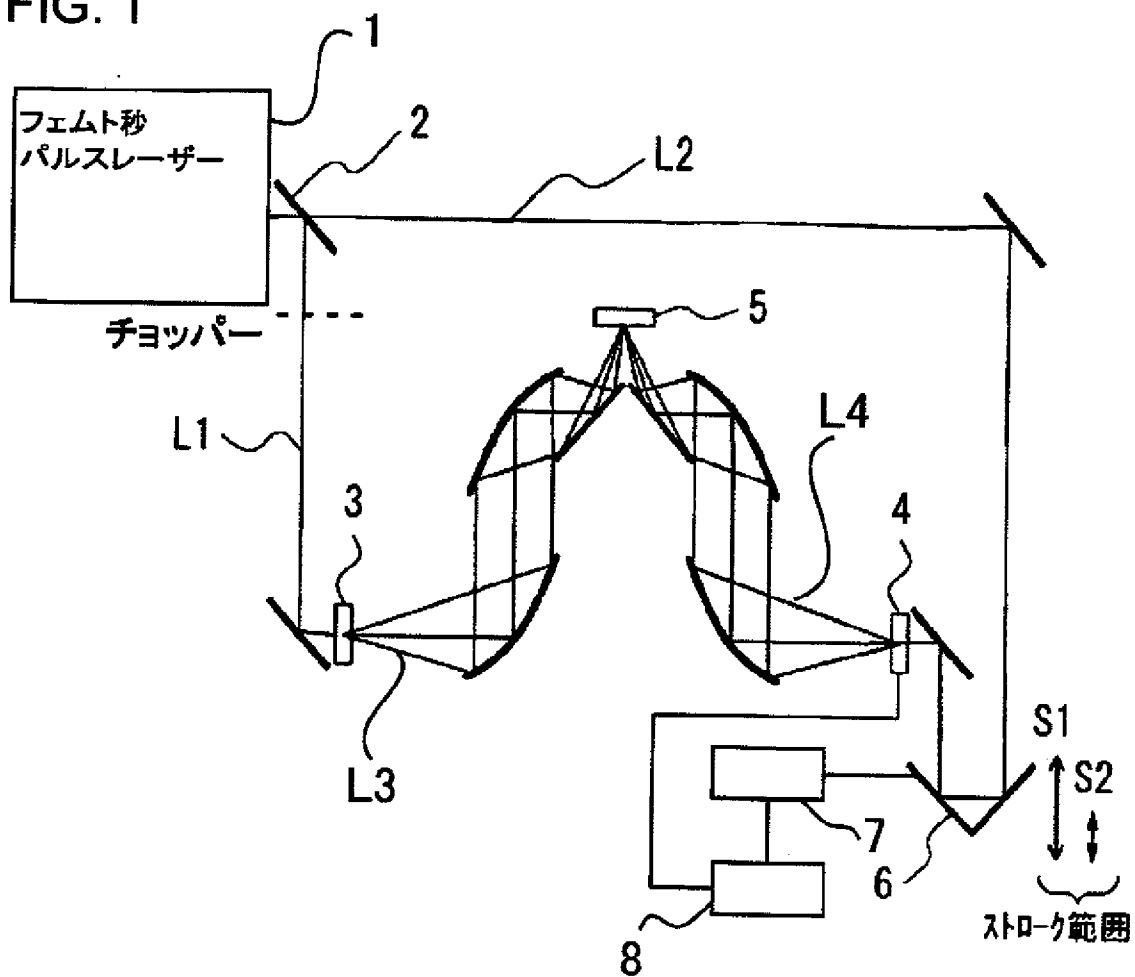
測定対象は、前記平面基板に代えて平面基板上の薄膜である。

11. クレーム10の電気特性測定方法において、

前記薄膜は、半導体、誘電体または超伝導体である。

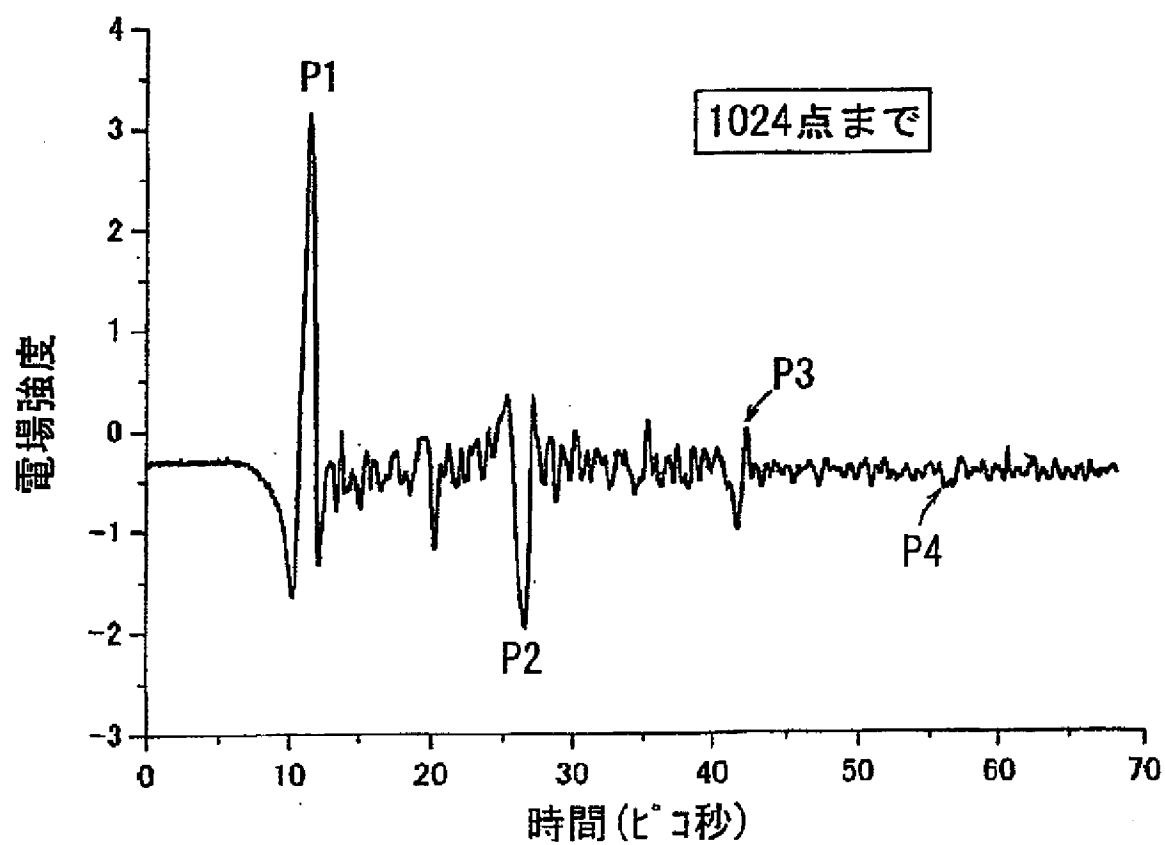
1/11

FIG. 1



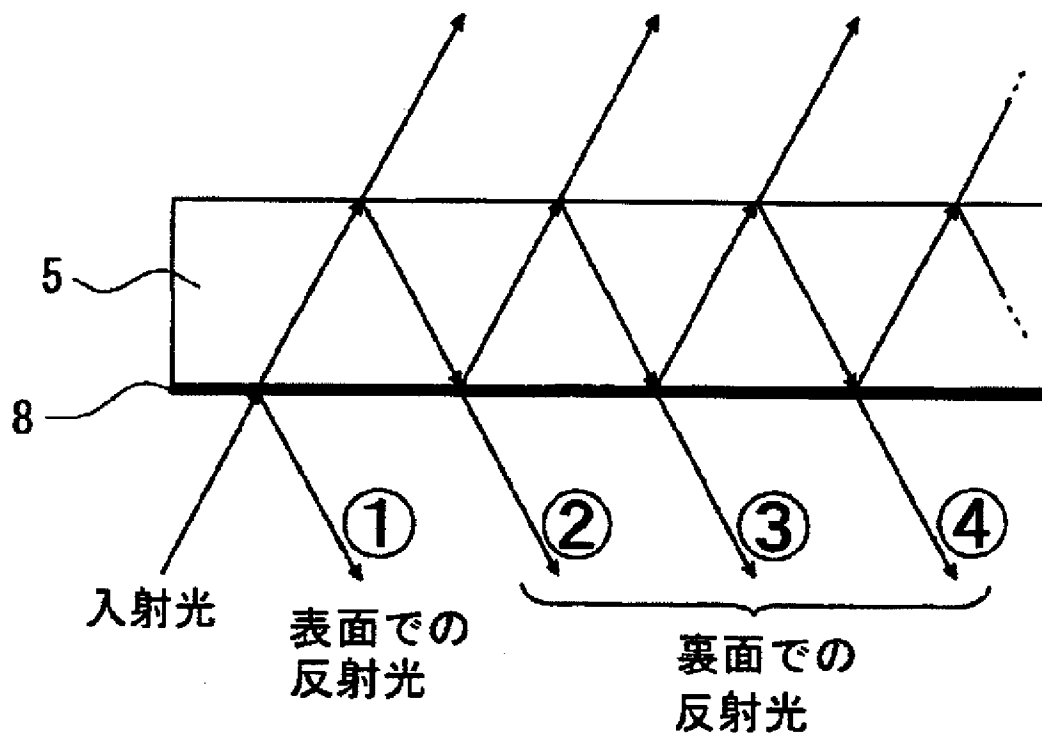
2/11

FIG. 2



3/11

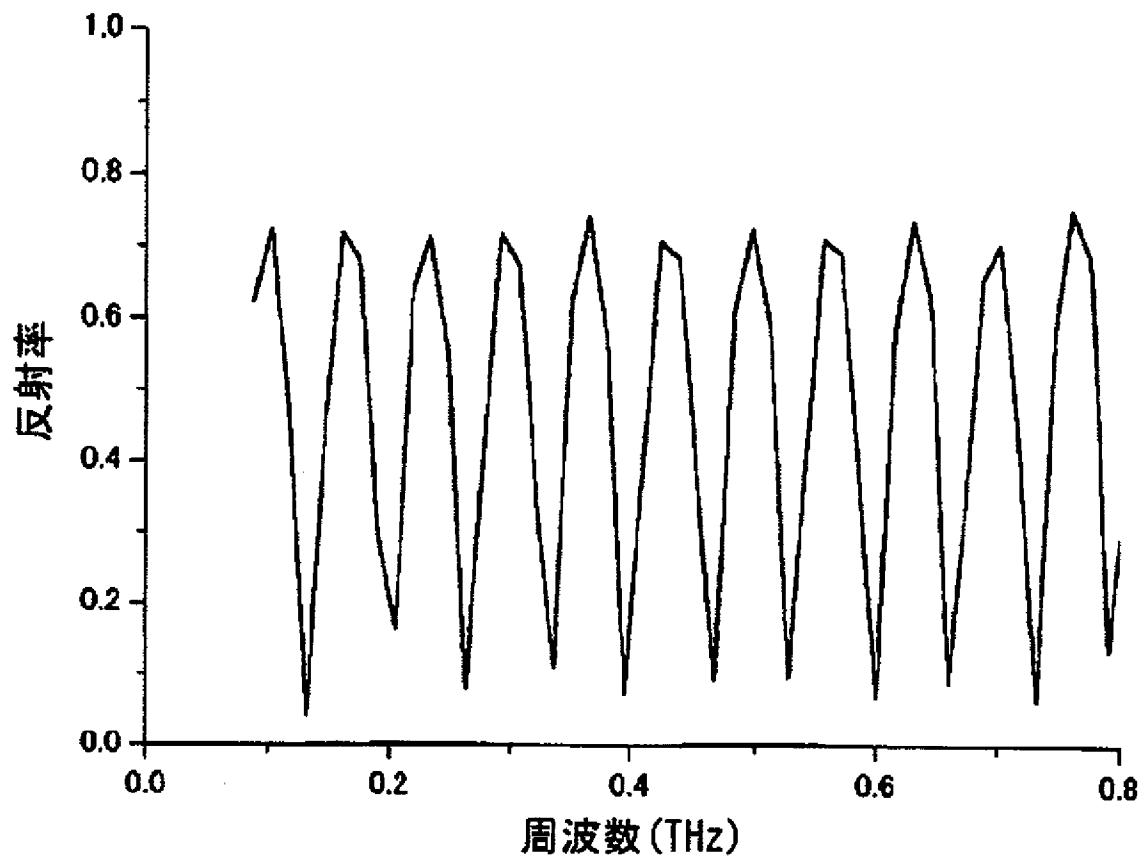
FIG. 3





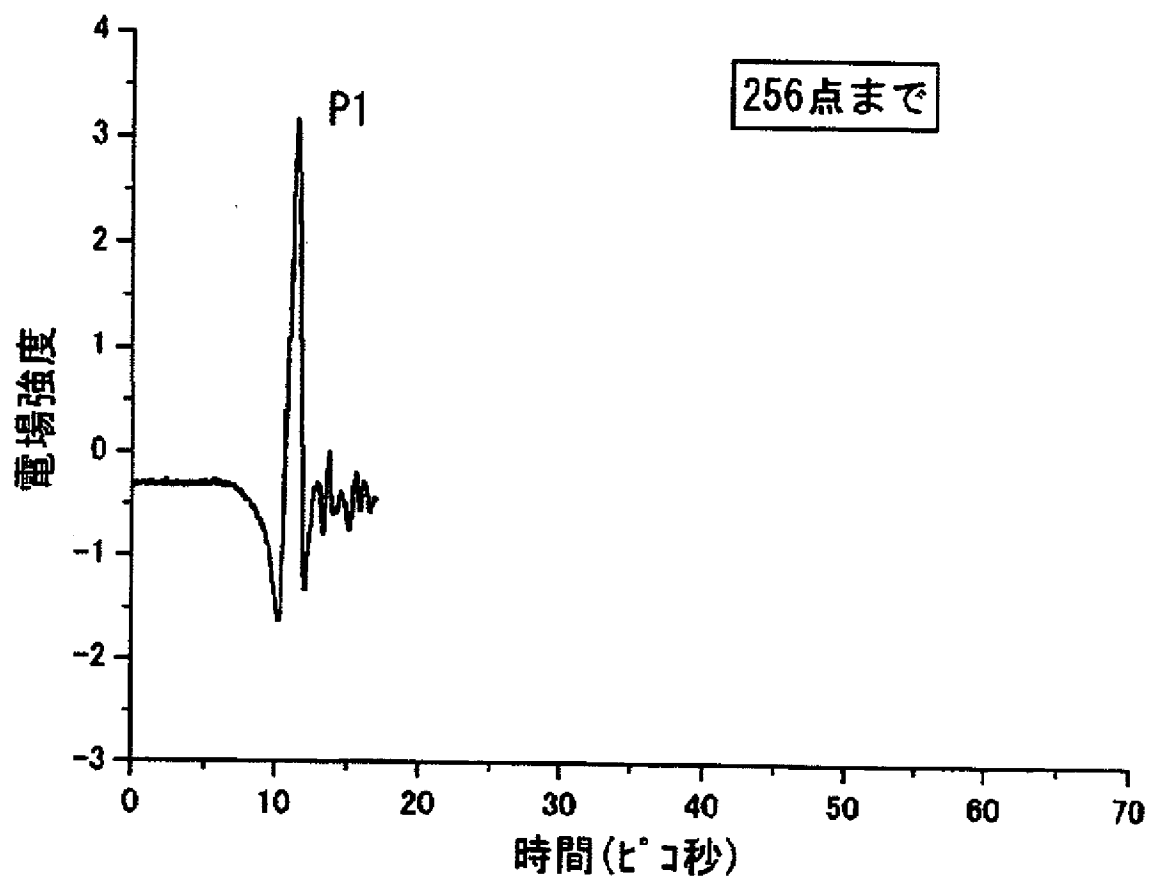
4/11

FIG. 4



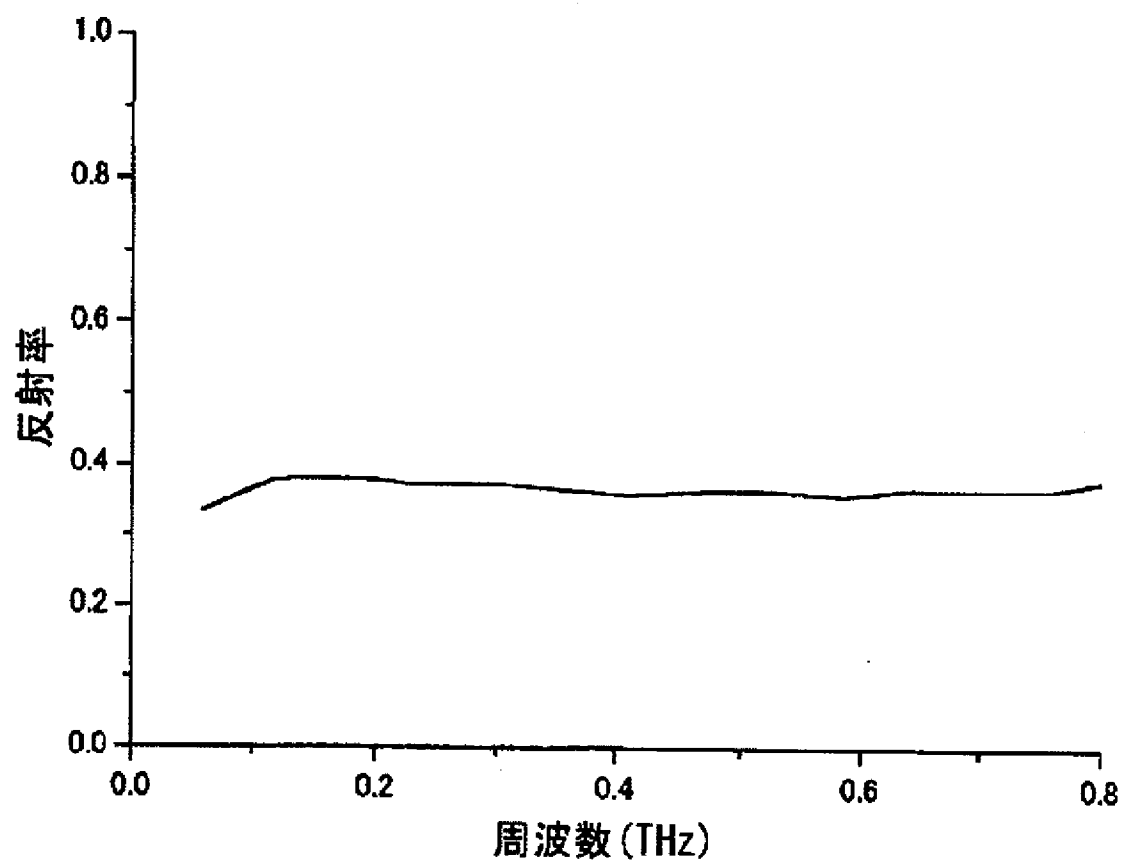
5/11

FIG. 5



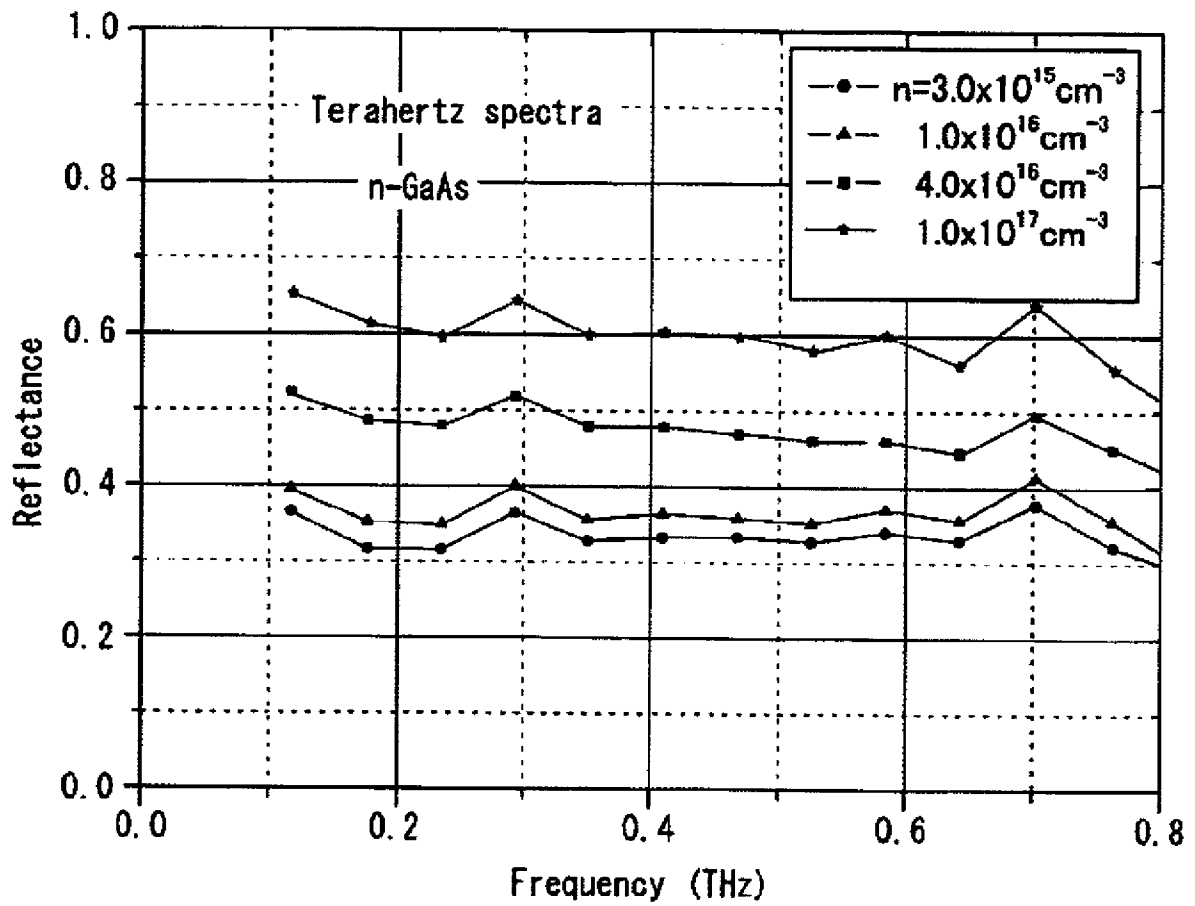
6/11

FIG. 6



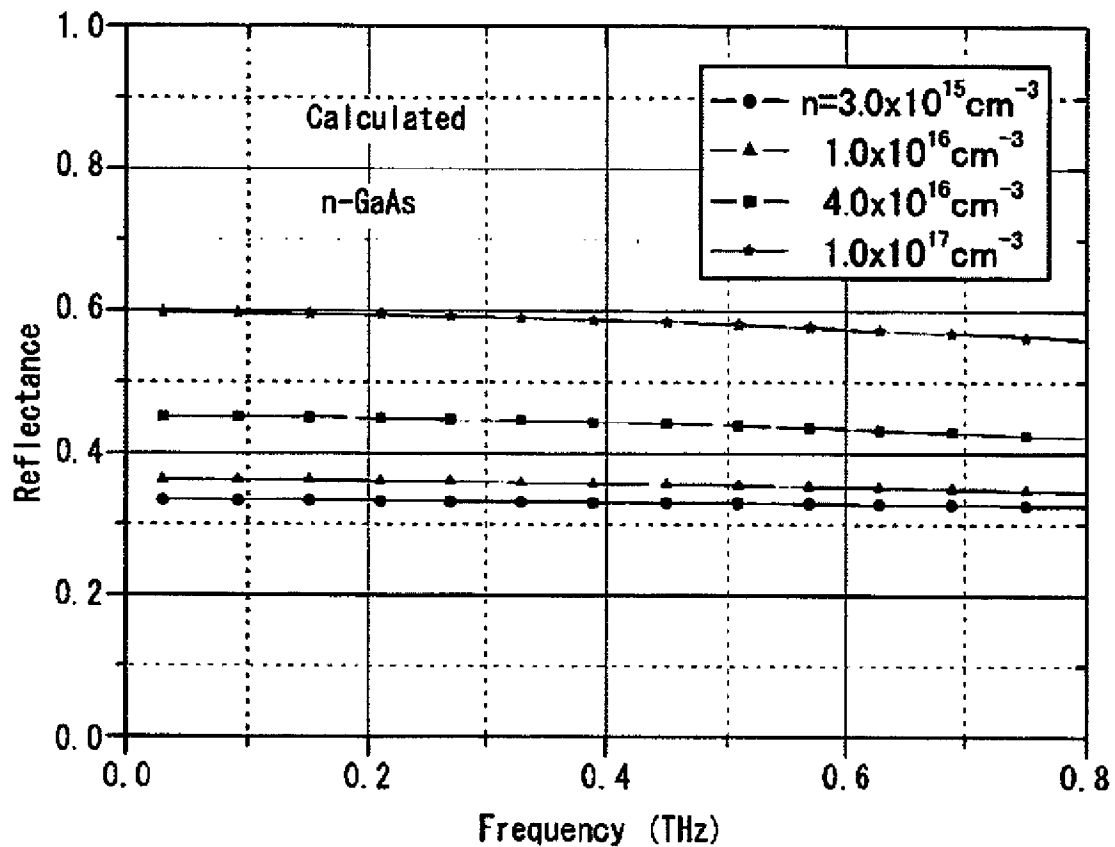
7/11

FIG. 7



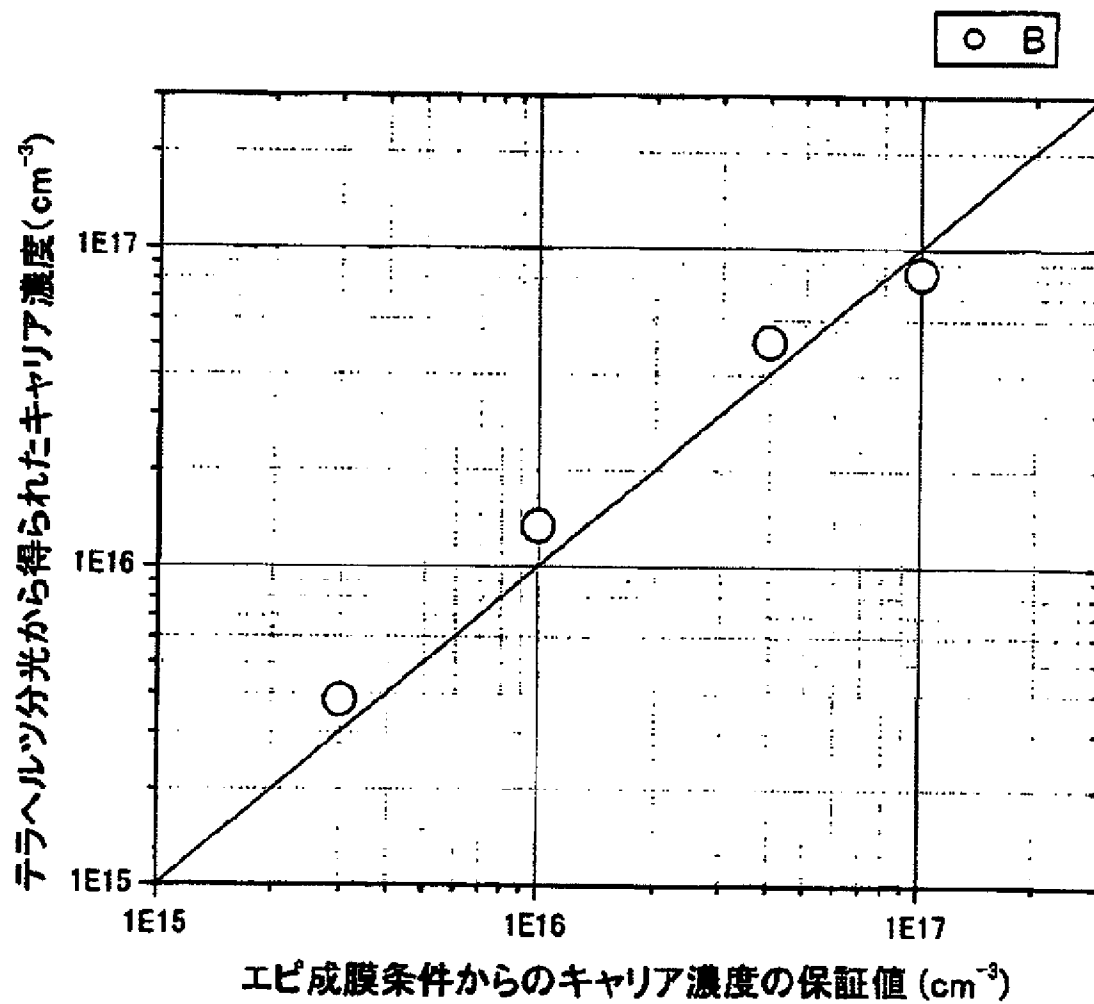
8/11

FIG. 8



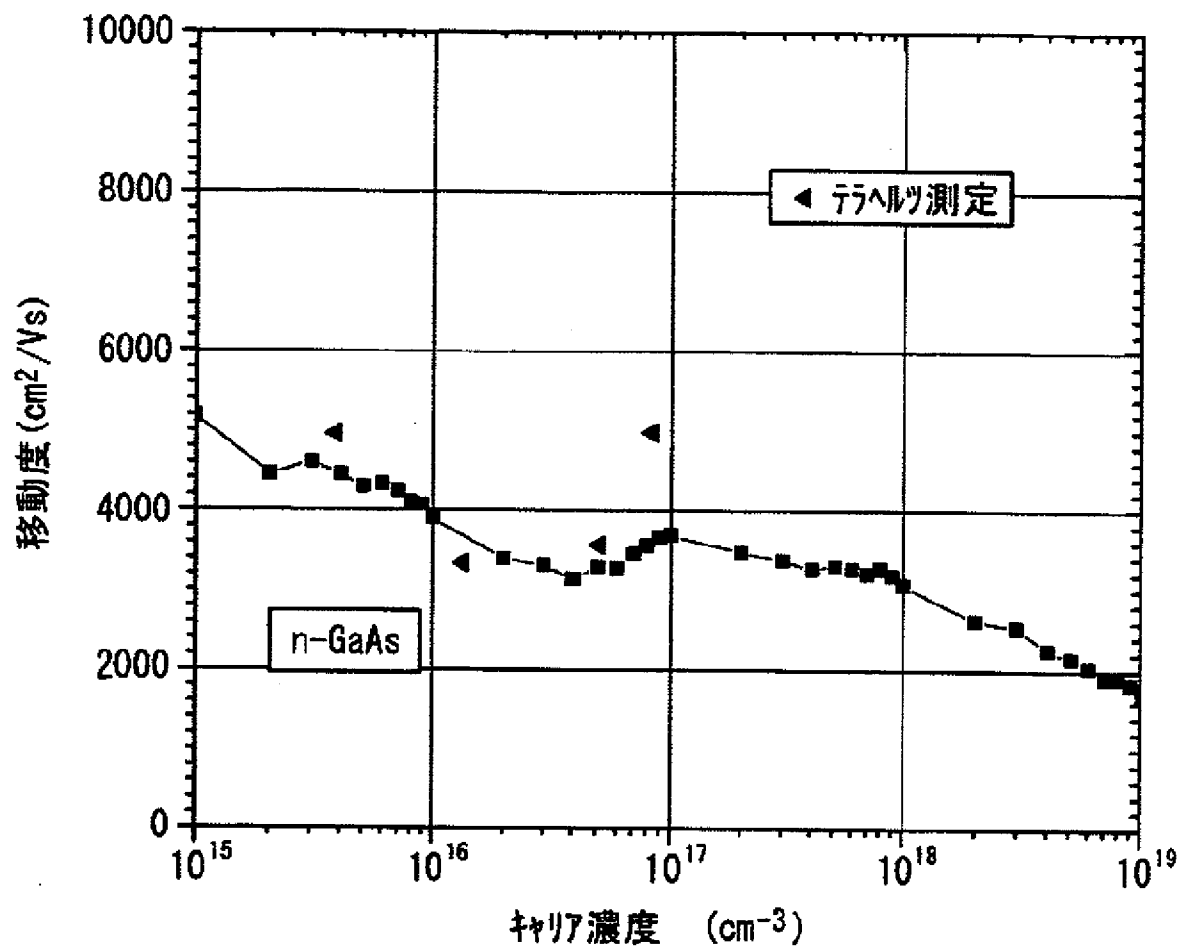
9/11

FIG. 9



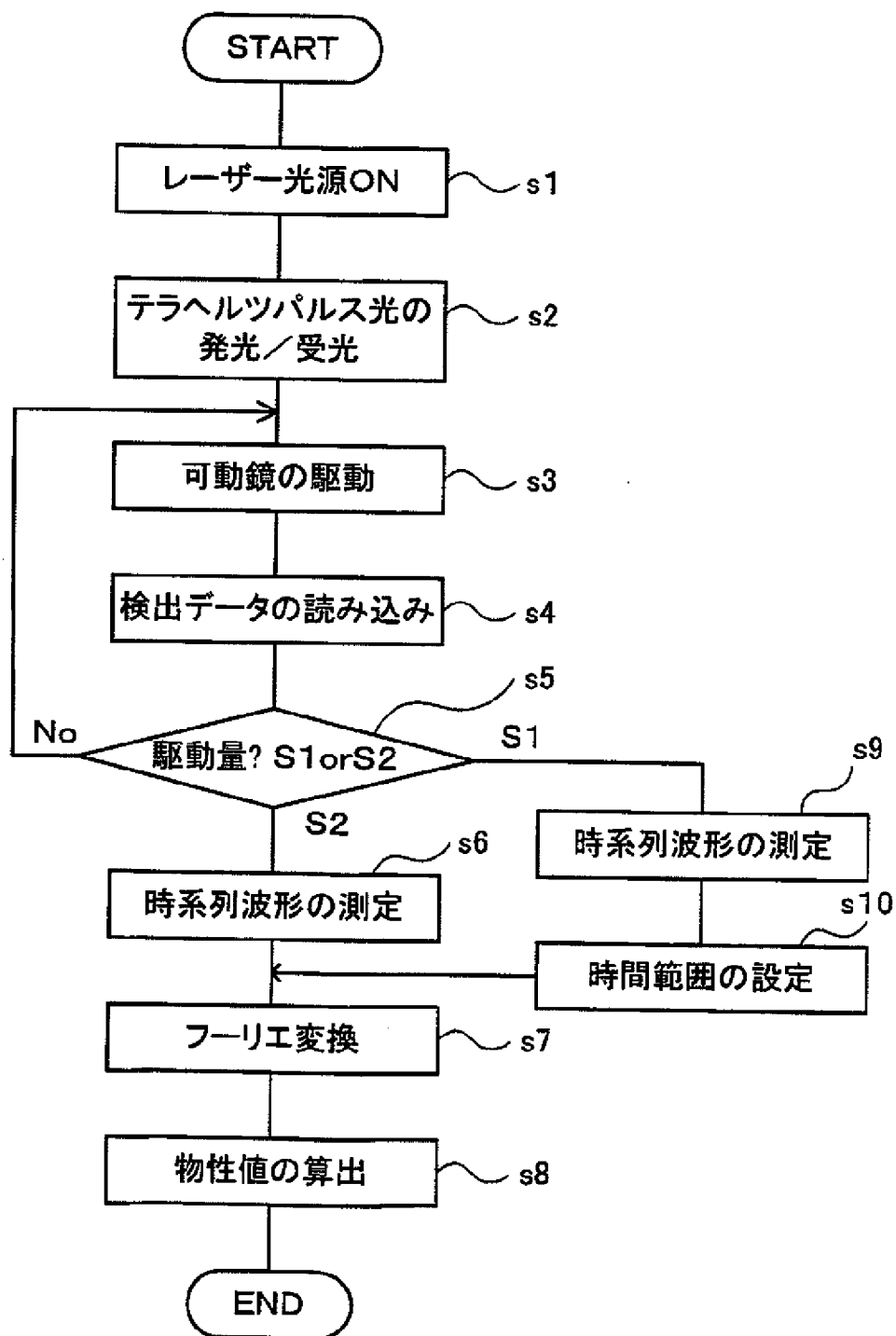
10/11

FIG. 10



11/11

FIG. 11





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/06887

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> G01N21/35

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl.<sup>7</sup> G01N21/00-21/61

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JICST FILE(JOIS), IEEE Xplore, Web of Science, WPI/L

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 99/27374 A (SELA SEMICONDUCTOR ENGINEERING LABORATORIES LTD.), 30 June, 1999 (30.06.99), Full text; Figs. 1 to 3 & US 6486685 B1	1-11
Y	Lionel Duvillaret et al., "A Reliable Method for Extraction of Material Parameters in Terahertz Time-Domain Spectroscopy", IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, Vol.2, No.3, September 1996, page 739 to 746, see Section III and Subsection V.B	1-11
A	US 2001/0029436 A1 (TOCHIGI NIKON CORP.), 11 October, 2001 (11.10.01), Full text; Figs. 1 to 16 & JP 2002-98634 A	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
27 August, 2003 (27.08.03)

Date of mailing of the international search report  
09 September, 2003 (09.09.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA 210 (second sheet) (July 1998)

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> G01N 21/35

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> G01N21/00-21/61

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS), IEEE Xplore,  
 Web of Science, WPI/L

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 99/27374 A (SELA SEMICONDUCTOR ENGINEERING LABORATORIES LTD.) 1999.06.30, 全文, 第1-3図 & US 6486685 B1	1-11
Y	Lionel Duvillaret <i>et al.</i> , "A Reliable Method for Extraction of Material Parameters in Terahertz Time-Domain Spectroscopy", IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, VOL. 2, NO. 3, SEPTEMBER 1996, pp.739-746 see Section III and Subsection V.B	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.08.03

国際調査報告の発送日

09.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高橋 正光



2W 2910

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 2001/0029436 A1 (TOCHIGI NIKON CORPORATION) 2001.10.11 全文, 第1-16図 & JP 2002-93634 A	1-11